

## 論文の内容の要旨

論文題目 テレイグジスタンスのための全周囲立体提示撮像システムに関する研究

氏名 田中 健司

本論文では、フルカラーの動画提示を実現した試作機 TWISTER III について報告し、そのハードウェアの設計、利用する画像の取り込みやレンダリング、および全周の裸眼立体視全周ディスプレイとしての性能評価について報告する。

テレイグジスタンスとは、人間が従来の時空の制約から開放され、時間と空間ないしはそれらの両者を隔てた実環境やバーチャル環境に存在することを目指す概念である。実世界のテレイグジスタンスでは、大分して二つの方向の異なる情報の流れが存在する。すなわち、遠隔地の情報をセンシングしてユーザに提示するという流れと、ユーザの情報をセンシングして遠隔地で提示するという流れとである。例えば、二人の人間 A と B とがテレイグジスタンスの技術を利用して会話を行うときには、(1) A の発する情報、すなわち音声や顔の表情などがセンシングされ B に対して提示され、(2) その逆も同様に行われる。このような面談の会話を成立させるためには、ユーザの音声や顔の表情をセンシングする必要がある。一方、人間 A がコックピットのようなものに搭乗し、遠隔地にあるロボットを操縦するような場合は、(1) A のロボットへの指令情報がセンシングされてロボットに送られ、同時に (2) ロボットに取り付けられた画像センサや加速度センサなどの情報が A に送られる。この場合には、ユーザを遠隔地点に臨場させるために、ロボットの側に広画角な画像センサを用意し、ユーザの側ではそれを臨場感を損なうことなく提示する手段が必要である。テレイグジスタンスによる人間どうしの会話や、遠隔コックピットへの搭乗を実現するには、大別して次のような技術が要求される。

1. ユーザの全身像や顔を撮影する技術
2. ユーザの全身像や顔を視覚的に覆うことなく、ユーザに広画角で立体視が可能な映像を

提示する技術

3. 実世界やバーチャル世界において広画角で立体視が可能な映像をセンシングあるいはレンダリングする技術

上記の 1. すなわち観察者の顔や全身像の取得に関しては、すでに國田らが検討を行っている。本研究の目的は、上記の 2 および 3、すなわちレイグジスタンスのためのブースを構想し、とくにその中でも、遠隔地やバーチャル世界の情報を観察者に提示するという情報の流れの部分を実装することである。

2. を満たすようなシステムの関連研究として、ユーザに広画角で立体視が可能な映像を提示するものの、ユーザの顔を視覚的に覆ってしまうものとして、体験者の頭部に光学系を搭載するHMD (Head Mounted Display) や複数のスクリーンを組み合わせた没入型多画面ディスプレイ装置である IPT (Immersive Projection Technology) などがある。これらを利用したシステムは、バーチャルリアリティの三要素といわれる「3次元の空間性」、「実時間の相互作用性」「自己投射性」は満たすものの、ユーザは特殊な眼鏡をかける必要があるため、ユーザの顔を撮影することができないだけでなく、ユーザの全身像を撮影するのが困難である。

一方、2. の関連研究のうち、ユーザの顔を視覚的に覆うことなく、立体視が可能な画像を提示するディスプレイについても各種のものが提案されている。このようなディスプレイのことを裸眼立体 (Autostereoscopic) ディスプレイと呼び、いくつかの方法や装置が開発されている。ホログラフィックディスプレイやポリューメトリックディスプレイのほか、パララクスバリアやレンチキュラーレンズも数多くのシステムで用いられており、製品化されているものもある。このほかにも、2人以上の観察者に同時にステレオ画像を提示することのできるものも開発されている。ただし、提案されたディスプレイは、すべて画角が原理的に限られたもので、全周囲をステレオで提示可能なディスプレイは提案されてこなかった。

この課題を解決するため、我々は回転式没入型裸眼立体ディスプレイ、TWISTER (Telexistence Wideangle Immersive STEReoscope) を提案し、1996年以來3台のプロトタイプを製作してきた。TWISTERは、円筒形のディスプレイ装置で、観察者がその内部に入ると観察者を覆うような広画角(没入的)で、かつ裸眼立体視が可能なフルカラーの動画像が提示される。複数のTWISTERを利用したレイグジスタンスでは、各ユーザが互いに、バーチャル環境の中でリアルタイムに動く他のユーザの3次元像を見ることができるとともに、没入的な空間にいる人間自身をその没入背景と組み合わせて画像として再構成するという要求にもこたえることができる。全周囲のステレオ視提示を可能にするため、回転

パララクスバリアと呼ばれる方式を採用した。すなわち、

- a. 多数のLED (Light Emitting Diode) が一列に並んだLED アレイ2 本と薄いバリアとで構成されたディスプレイユニットを備える
- b. 複数のディスプレイユニットが円筒形をした回転体の周囲に内向きに取り付けられている
- c. ディ스플레이ユニットは時間的に変化する発光パターンで、十分高速に観察者の周りを回転する

という構成である。1 号機 (TWISTER I) では、この回転パララクスバリアの有効性が確認され、TWISTER II では、初めてフルカラーの静止画を提示することに成功した。図 1 に、TWISTER II とその中に入る観察者の写真を示す。TWISTER IIIでは、初めてフルカラー動画を提示することに成功した。本論文で扱う範囲は、TWISTER II におけるフルカラーの静止画提示およびTWISTER III の設計、製作と評価のすべてである。図2 に、TWISTER III の概観と体験者の写真を示す。この装置は8 系統のNTSC 信号を入力することが可能であり、コントローラから送られる同期した画像信号を受けて、30fps (frames per second) の動画を提示することが可能である。



図1. TWISTER II の写真



図 2. TWISTER III (左) とそれを体験するユーザ(右)

前記の 3. すなわち実世界において広画角で臨場感のある (=ステレオ視の可能な) 画像をセンシングあるいはレンダリングする技術は, TWISTER の画像提示の仕組みと密接に関連している.

臨場感をともなった視覚提示系を構成する一つのアプローチとしては, 観察者の頭部の位置や向きに合わせてセンサを制御し, 画像や音といった実世界の情報を情報量を削減してから取得するというものがある. 一方, 帯域が許容する範囲内でできるだけ多くの画像情報を取得するアプローチも考えられる. 冗長性を持った画像情報を取得することにより, 例えば, 一つのカメラから得られた画像を, 複数の観察者に同時に, それぞれの人の向きに応じて提示するということも考えられる. 実際, TWISTER では, 観察者の頭部の向きを検出することなく, どの向きを向いても正面が立体視できるような提示が要求される. これは, 全周囲にわたるステレオ視 (Panoramic stereo もしくは Omni stereo) と呼ばれる. これまで, 静止風景の全周囲ステレオによる画像取得は可能であったが, 動画を全周囲ステレオ画像として取得することは困難であった. 本研究では, 単一のセンサによって複数の(連続した) 視点から静止画ではなく, 動画として光線を取得する方法を提案し, 実験を行う.

論文では, 最初に回転式没入型裸眼立体ディスプレイを設計する際の基準や必要となる仕様について議論する. また, 回転式没入型裸眼立体ディスプレイの一つのプロトタイプとして, より具体的な設計および実装についての議論を行う. 次に, 実写およびCG, 静止画および動画それぞれについて, 画像を生成したり取得したりする方法について述べる. 実写の全周囲ステレオ動画を実時間で取得する方法については, システムを試作し, その性能についても議論を行う. さらに, TWISTERのディスプレイとしての評価を行う. ステレオ画像提示能力についての, 被験者を用いた実験についても触れる. 最後に結論および将来の展望について述べる.